

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

IN RE APPLICATION OF: Andreas BECKMANN, et al.

SERIAL NO: New U.S. Application

FILED: Herewith

FOR: PROCESS FOR SEPARATING 2-BUTANOL FROM TERT-BUTANOL/WATER MIXTURES

REQUEST FOR PRIORITY

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_, is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. \_\_\_\_\_ Date Filed \_\_\_\_\_

- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Germany	103 12 916.2	March 22, 2003

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ is submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number \_\_\_\_\_  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. \_\_\_\_\_ filed \_\_\_\_\_; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s) \_\_\_\_\_
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.



Norman F. Oblon

Registration No. 24,618

Customer Number

22850

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

Daniel J. Pereira, Ph.D.

Registration No. 45,518

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 12 916.2

**Anmeldetag:** 22. März 2003

**Anmelder/Inhaber:** OXENO Olefinchemie GmbH, Marl, Westf/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Abtrennung von 2-Butanol aus  
tert.-Butanol/Wasser-Gemischen

**IPC:** C 07 C, B 01 D

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 2. Juni 2003  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag



Weihmayer

**Verfahren zur Abtrennung von 2-Butanol aus tert.-Butanol/Wasser-Gemischen**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abtrennung von 2-Butanol aus tert.-Butanol/Wasser-Gemischen, die bei der Spaltung von tert.-Butanol (TBA), insbesondere  
5 solchem hergestellt aus technischen C<sub>4</sub>-Kohlenwasserstoffgemischen, zu Isobuten und Wasser anfallen.

Isobuten ist ein Ausgangsstoff für die Herstellung von Butylkautschuk, Polyisobutylen, Isobuten-Oligomeren, verzweigten C<sub>5</sub>-Aldehyden und C<sub>5</sub>-Carbonsäuren. Weiterhin wird es als  
10 Alkylierungsmittel und als Zwischenprodukt zur Erzeugung von Peroxiden eingesetzt.

In technischen Strömen liegt Isobuten zusammen mit gesättigten und ungesättigten C<sub>4</sub>-Kohlenwasserstoffen vor. Aus diesen Gemischen kann Isobuten wegen der geringen Siedepunktsdifferenz bzw. des sehr geringen Trennfaktors zwischen Isobuten und 1-Buten durch Destillation  
15 tion nicht wirtschaftlich abgetrennt werden. Daher wird Isobuten aus technischen Kohlenwasserstoffgemischen dadurch gewonnen, dass Isobuten zu einem Derivat umgesetzt wird, das sich leicht vom übrig gebliebenen Kohlenwasserstoffgemisch abtrennen lässt, und dass das isolierte Derivat zu Isobuten und Derivatisierungsmittel zurückspaltet wird.

20 Üblicherweise wird Isobuten aus C<sub>4</sub>-Schnitten, beispielsweise der C<sub>4</sub>-Fraktion eines Steamcrackers, wie folgt abgetrennt. Nach Entfernung des größten Teils der mehrfach ungesättigten Kohlenwasserstoffe, hauptsächlich Butadien, durch Extraktion(-sdestillation) oder Selektivhydrierung zu linearen Butenen wird das verbleibende Gemisch (Raffinat I oder hydriertes Crack-C<sub>4</sub>) mit Alkohol oder Wasser umgesetzt. Bei der Verwendung von Methanol als Alkohol  
25 entsteht Methyl-tert.-butylether (MTBE) und bei Einsatz von Wasser tert.-Butanol (TBA). Nach ihrer Abtrennung können beide Produkte in Umkehrung ihrer Bildung zu Isobuten gespalten werden.

Die Spaltung von TBA lässt sich leichter als die Spaltung von MTBE durchführen und ergibt  
30 weniger Nebenprodukte und ist somit das bevorzugte Verfahren zur Gewinnung von Isobuten. Bevorzugt wird die Spaltung von TBA in Gegenwart einer Säure in der Gas- oder Flüssigphase unter Teilumsatz von TBA durchgeführt.

Werden zur Herstellung von TBA aus Isobuten Isobuten-haltige Kohlenwasserstoffströme, die auch lineare Butene enthalten, eingesetzt, entsteht in geringen Mengen auch 2-Butanol (SBA).

5 Dies ist solange nicht weiter kritisch, wie das entstandene Reaktionsgemisch in ein reines TBA oder in ein TBA/Wasser-Azeotop aufgearbeitet wird. Dabei wird wegen des nur geringen 2-Butanolgehalts im Reaktionsgemisch die maximal zulässige 2-Butanolkonzentration von beispielsweise 0,2 Massen-% im TBA oder im TBA/Wasser-Azeotrop nicht überschritten.

10 Wird das technische TBA oder TBA/Wasser-Azeotrop allerdings unter Teilumsatz in Isobuten und Wasser gespalten, so fällt nach Abtrennung des entstandenen Isobutens ein TBA/Wasser-Gemisch an, in dem das 2-Butanol (SBA) angereichert ist. Dieses Gemisch ist ohne eine Abtrennung von 2-Butanol nicht zur Herstellung von marktgängigen TBA oder TBA/Wasser-Azeotrop geeignet. Ebenfalls ist es nicht zweckmäßig, aus diesem Gemisch Isobuten herzustellen, weil mit zunehmenden 2-Butanolgehalt auch die Konzentration von linearen  
15 Butenen im Isobuten steigt, wodurch dessen Spezifikation nicht eingehalten werden kann. Daher ist es notwendig, einen Teil des 2-Butanols unter Vermeidung von TBA-Verlusten auszuschleusen.

20 Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es deshalb ein Verfahren bereitzustellen, mit welchem es möglich ist, SBA aus Gemischen, die SBA, TBA und Wasser aufweisen, abzutrennen, ohne dass es zu Verlusten an TBA kommt.

Das Dreistoffgemisch aus SBA, TBA und Wasser ist allerdings destillativ schwierig zu trennen, da in diesem Dreistoffsystem eine Destillationsgrenzlinie (in der Literatur manchmal  
25 auch als Grenzdestillationslinie bezeichnet) verläuft, die das binäre Azeotrop Wasser/TBA bei ca. 11 Massen-% Wasser (in der Literatur sind Werte bei Normaldruck von 10 bis 12,5 Massen-% zu finden) (Punkt B in Fig. 1) mit dem binären Azeotrop Wasser/SBA bei ca. 28 Massen-% Wasser (in der Literatur sind Werte bei Normaldruck von 26,7 bis 32 Massen-% zu finden) (Punkt C in Fig. 1) verbindet. Durch diese Destillationsgrenzlinie werden zwei  
30 Destillationsfelder getrennt. Kennzeichnend für das obige Dreistoffsystem, dargestellt in Figur 1, sind zwei Destillationsfelder: Destillationsfeld 1 im Bereich A-B-C-A und Destillationsfeld 2 im Bereich B-E-D-C-B. Im Destillationsfeld 1 findet man als Schwersieder Wasser, der

Leichtsieder in diesem Bereich ist das TBA/Wasser-Azeotrop und der Mittelsieder das SBA/Wasser-Azeotrop, das nicht in reiner Form abgetrennt werden kann.

Um SBA aus einem TBA-Isobuten-Anlagenverbund auszuschleusen, ist es am wirtschaftlichsten, den SBA-reichsten Strom dazu zu verwenden. Die bei der TBA-Spaltung erhaltenen Ströme weisen aber einen relativ geringen Gehalt an SBA auf. Üblicherweise weisen sie Zusammensetzungen auf, die im Destillationsfeld 1 liegen. Meistens enthalten diese Ströme auch noch geringe Mengen weiterer Stoffe, deren Gegenwart man in diesem Zusammenhang allerdings nicht zu betrachten braucht. Versucht man ein solches Gemisch mit einer Zusammensetzung im Bereich des Destillationsfeldes 1 destillativ aufzuarbeiten, kann man entweder reines Wasser als Schwersieder und ein Gemisch aus SBA/TBA/Wasser als Kopffraktion gewinnen oder aber im Destillat einer Kolonne als leichtestsiedendes Gemisch das TBA/Wasser-Azeotrop und im Sumpf eine höher siedende Mischung aus SBA/TBA/Wasser mit einem hohen Wasseranteil erhalten. Man kann also aus Massenbilanzgründen und aufgrund des ungünstigen Verlaufs der Destillationslinien in keiner Weise den Gehalt an SBA derart erhöhen, dass eine Ausschleusung dieses Stroms wirtschaftlich sinnvoll ist. Auch die im System vorhandene Mischungslücke (siehe Figur 1: C-F-G-C) kann nicht wirtschaftlich für die Trennung der Komponenten oder deren Anreicherung verwendet werden.

Überraschenderweise wurde aber gefunden, dass aus einem Produktionsstrom, der Wasser, SBA und TBA aufweist und dessen Zusammensetzung im Bereich des Destillationsfelds 1 liegt, insbesondere aus einem Produktionsstrom, in dem SBA angereichert ist, SBA praktisch ohne Verluste an TBA abgetrennt werden kann, wenn aus dem als Einsatzgemisch verwendeten Produktionsstrom mit Hilfe einer Membran so viel Wasser abgetrennt wird, dass das Retentat eine Zusammensetzung aufweist, die im Bereich des Destillationsfelds 2 liegt und somit das Retentat destillativ in SBA und in ein TBA/Wasser-Gemisch aufgetrennt werden kann.

Gegenstand der Erfindung ist demnach ein Verfahren zur Abtrennung von SBA aus einem technischen Gemisch, das SBA, TBA und Wasser aufweist, wobei der Massenanteil an Wasser in diesem Gemisch größer ist als die Grenzkonzentrationen der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, also das Gemisch

hinsichtlich seiner SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung im Bereich des Destillationsfelds 1 liegt, welches dadurch gekennzeichnet ist, dass aus dem Gemisch mit Hilfe einer Membran so viel Wasser abgetrennt wird, dass das Retentat hinsichtlich seiner SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung einen Massenanteil an Wasser aufweist, der kleiner ist als die  
5 Grenzkonzentration der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie also hinsichtlich seiner SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung im Bereich des Destillationsfeld 2 liegt, und dass das Retentat destillativ in einen SBA aufweisenden Strom und einen überwiegend TBA und Wasser aufweisenden Strom getrennt wird.

10 Im erfindungsgemäßen Verfahren erfolgt also die SBA-Abtrennung durch eine Kombination von Wasserabtrennung mit Hilfe einer Membran und Destillation des an Wasser verarmten Retentats.

15 Durch das erfindungsgemäße Verfahren ist es nun möglich SBA aus Gemischen abzutrennen, die SBA, TBA und Wasser aufweisen, wobei der Massenanteil an Wasser in diesen Gemischen größer ist als die Grenzkonzentrationen der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, und damit rein destillativ nicht trennbar sind. Durch die Verwendung des Membranverfahrens kann auf die Verwendung von  
20 Schleppmitteln oder anderen Fremdstoffen verzichtet werden, so dass auf eine aufwändige Abtrennung dieser Hilfsstoffe vermieden werden kann und die Gefahr der Verunreinigung der Produkte durch diese Hilfsstoffe bei der Aufarbeitung ausgeschlossen wird.

25 Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend beschrieben, ohne dass das Verfahren auf diese Ausführungsformen beschränkt sein soll.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Abtrennung von SBA aus einem technischen Gemisch, das SBA, TBA und Wasser aufweist, wobei der Massenanteil an Wasser in diesem Gemisch größer ist als die Grenzkonzentrationen der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und  
30 SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, also das Gemisch hinsichtlich seiner SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung im Bereich des Destillationsfelds 1 liegt, zeichnet sich dadurch aus, dass aus dem Gemisch mit Hilfe einer Membran so viel Wasser abgetrennt wird,

5 dass das Retentat hinsichtlich seiner SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung einen Massenanteil an Wasser aufweist, der kleiner ist als die Grenzkonzentration der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, also hinsichtlich seiner SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung im Bereich des Destillationsfeld 2 liegt, und dass das Retentat destillativ in einen SBA aufweisenden Strom und einen TBA und Wasser aufweisenden Strom getrennt wird.

10 Die Abtrennung des Wassers aus dem SBA-haltigen Einsatzgemisch mit Hilfe einer Membran kann durch Umkehr-Osmose (Retentat und Permeat sind flüssig), durch Pervaporation (flüssiges Retentat, dampfförmiges Permeat) oder durch Dampf-Permeation (Retentat und Permeat dampfförmig) erfolgen. Weiterhin ist eine Abtrennung durch gleichzeitige Pervaporation und Dampfpermeation möglich. Bevorzugt erfolgt die erfindungsgemäße Abtrennung des Wassers mit Hilfe einer Membran durch Pervaporation (flüssiges Retentat, dampfförmiges Permeat)

15 Zur Wasserabtrennung durch Umkehr-Osmose, Pervaporation oder Dampf-Permeation können handelsübliche hydrophile Membrane verwendet werden. Diese Membrane können Polymermembrane oder anorganische Membrane sein.

20 Im erfindungsgemäßen Verfahren können beispielsweise Polymermembrane der Firmen Sulzer Chemtech, CM-Celfa, GKSS oder Sophisticated Systems (Polyimidmembran) eingesetzt werden. Verwendbare Typen sind z.B. Pervap 2200, Pervap 2201, Pervap 2202 oder Pervap 2510 von Sulzer oder Typ 2S-DP-H018 von Sophisticated Systems. Als anorganische Membrane können beispielsweise die nachfolgend aufgeführten verwendet werden: SMS (Sulzer Chemtech); Silica (Pervatech); NaA (Mitsui oder Smart Chemical). Weiterhin können  
25 auch Kombinationen aus anorganischer Membran bzw. anorganischem Trägermaterial und einer Polymermembran bzw. aufgetragenen Polymertrennschicht eingesetzt werden.

Anorganische Membranen bieten unter Umständen Vorteile, da sie oft bei höheren Temperaturen stabil sind und sich auch mit überhitztem Dampf besser betreiben lassen. Ihre Stabilität gegenüber organischen Komponenten kann in manchen Fällen ebenfalls höher sein.

30 Polymermembrane bieten dagegen den Vorteil, dass sie keine katalytischen Eigenschaften, wie z.B. für Polymerisationsreaktionen aufweisen, wie dies bei anorganischen Membranen der Fall sein kann.

Die erfindungsgemäße Wasserabtrennung erfolgt an den anorganischen Membranen bevorzugt bei einer Temperatur von 20 bis 200 °C und an den Polymermembranen bevorzugt bei einer Temperatur von 20 bis 150 °C. Besonders bevorzugt wird die Wasserabtrennung an beiden Membrantypen bei einer Temperatur von 60 bis 140 °C durchgeführt.

5

Das erfindungsgemäße Verfahren wird vorzugsweise bei einem Druck des der Membraneinheit zugeführten Gemisches (Flüssig, dampfförmig oder als Mischphase) von 0,5 bis 30 bar, bevorzugt von 0,8 bis 20 bar durchgeführt. Der Druck auf der Permeatseite der Membran beträgt vorzugsweise von 0,001 bis 1 bar.

10

Bei Polymermembranen beträgt der Differenzdruck vorzugsweise von 0,01 bis 20 bar und bei anorganischen Membranen vorzugsweise von 0,01 bis 30 bar. Besonders bevorzugt liegen die Differenzdrücke im Bereich von 1 bis 5 bar. Der Massenstrom (kg Permeat je Quadratmeter Membranoberfläche je Stunde) beträgt vorzugsweise von 0,1 bis 10 kg/(m<sup>2</sup>h), besonders bevorzugt von 1 bis 8 kg/(m<sup>2</sup>h). Das als Permeat abgetrennte Wasser weist vorzugsweise einen Gehalt an organischen Inhaltsstoffen von kleiner 10 Massen-%, bevorzugt kleiner 5 Massen-% und ganz besonders bevorzugt von 3 bis 0,05 Massen-%, insbesondere an TBA auf. Es können auch kleinere Werte bis zu 0,001 Massen-% erreicht werden, wobei dies meistens nicht erforderlich und nicht wirtschaftlich sinnvoll ist.

20

Aus dem wässrigen Permeat können TBA und SBA zusammen aufkonzentriert und von reinem bzw. nahezu reinem Wasser abgetrennt werden. Diese Abtrennung kann z.B. rein destillativ erfolgen, da ein Gemisch mit einer Zusammensetzung im Bereich des Destillationsfeldes 1 vorliegt und durch Destillation reines bzw. nahezu reines Wasser als Schwersieder und ein Gemisch aus SBA/TBA/Wasser als Kopffraktion gewonnen werden kann. Das Gemisch aus der Kopffraktion kann ganz oder nach Ausschleusung eines Teilstroms partiell in das Membranmodul zur erneuten Abtrennung von Wasser zurückgeführt werden.

25

Optional kann das Permeat ganz oder teilweise direkt verwendet werden, beispielsweise als Prozesswasser in einer Anlage zur TBA-Synthese.

30

Das Retentat liegt hinsichtlich seines Wassergehaltes im Destillationsfeld 2, weist also einen

Massenanteil an Wasser auf kleiner als der Wassergehalt eines Gemisches mit einer Zusammensetzung entsprechend der die Azeotrope SBA/Wasser und TBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie B-C. Vorzugsweise beträgt der Wassergehalt bezogen auf das Dreikomponentensystem SBA/TBA/Wasser bei SBA-Gehalten von 0,0001 bis 6 Massen-% weniger als 11 Massen-%, bevorzugt weniger als 10 Massen-% und besonders bevorzugt weniger als 9,5 Massen-%. Bei SBA-Gehalten von 6,01 bis 15 Massen-% beträgt der Wassergehalt bezogen auf das Dreikomponentensystem SBA/TBA/Wasser bevorzugt weniger als 15 Massen-%, bevorzugt weniger als 14 und besonders bevorzugt weniger als 13 Massen-%. Weiterhin kann das Retentat bis zu 5 Massen-%, vorzugsweise bis zu 3 Massen-%, ganz besonders bevorzugt von 2,5 bis 0,01 Massen-% an weiteren Stoffen, beispielsweise C<sub>8</sub>-Olefinen oder -Alkoholen, aufweisen.

Die destillative Auftrennung von bei dem erfindungsgemäßen Verfahren anfallenden Stoffströmen, insbesondere des Retentats, kann in ein oder mehreren Kolonnen mit Einbauten, die aus Böden, rotierenden Einbauten, ungeordneten und/oder geordneten Packungen bestehen, durchgeführt werden. Vorzugsweise erfolgt die destillative Trennung in einer einzigen Kolonne.

Bei den Kolonnenböden können folgende Typen zum Einsatz kommen:

Böden mit Bohrungen oder Schlitz in der Bodenplatte.

Böden mit Hälsen oder Kaminen, die von Glocken, Kappen oder Hauben überdeckt sind.

Böden mit Bohrungen in der Bodenplatte, die von beweglichen Ventilen überdeckt sind.

Böden mit Sonderkonstruktionen.

In Kolonnen mit rotierenden Einbauten wird der Rücklauf entweder durch rotierende Trichter versprüht oder mit Hilfe eines Rotors als Film auf einer beheizten Rohrwand ausgebreitet.

In dem erfindungsgemäßen Verfahren verwendete Kolonnen können regellose Schüttungen mit verschiedenen Füllkörpern eingesetzt werden. Sie können aus fast allen Werkstoffen - Stahl, Edelstahl, Kupfer, Kohlenstoff, Steingut, Porzellan, Glas, Kunststoffen usw. - und in verschiedenen Formen - Kugeln, Ringen mit glatten oder profilierten Oberflächen, Ringen mit Innenstegen oder Wanddurchbrüchen, Drahtnetzringen, Sattelnkörper und Spiralen - bestehen.

Packungen mit regelmäßiger Geometrie können z.B. aus Blechen oder Geweben aus Metall oder Kunststoff bestehen. Beispiele solcher Packungen sind Sulzer Gewebepackungen BX, Sulzer Lamellenpackungen Mellapak aus Metallblech, Hochleistungspackungen wie MellapakPlus, Strukturpackungen von Sulzer (Optiflow), Montz (BSH) und Kühni (Rombopak).

5

Die zur Trennung des aus dem Membranmodul erhaltenen Retentats eingesetzte Kolonne weist vorzugsweise eine theoretische Trennstufenzahl von 5 bis 70, bevorzugt eine theoretische Trennstufenzahl von 10 bis 60 auf. Der Zulaufboden hängt von der Zusammensetzung des Retentats ab. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Einspeisung des Retentats auf den, von oben gezählten, 2. bis 55. theoretischen Boden, insbesondere auf den 3. bis 35. erfolgt.

Der Betriebsdruck der Kolonne zur Auftrennung des Retentats beträgt vorzugsweise von 0,1 bis 15 bar<sub>abs.</sub> (bara), besonders bevorzugt von 0,8 bis 10 bara.

- 15 Bei der Destillation des Retentats fällt ein Sumpfprodukt als Strom an, das 2-Butanol und gegebenenfalls Hochsieder enthält. Der Gehalt an TBA darin beträgt vorzugsweise kleiner 1 Massen-%, bevorzugt kleiner 0,5 Massen-%. Als Kopfprodukt wird ein Gemisch aus TBA, Wasser und gegebenenfalls Leichtsieder abgezogen. Der Gehalt an 2-Butanol im Kopfprodukt beträgt vorzugsweise weniger als 4 Massen-%, insbesondere weniger als 3 Massen-%. Im
- 20 Sumpf der Kolonne lässt sich 2-Butanol ohne oder nahezu ohne Hochsieder gewinnen, indem das 2-Butanol aus der Dampfphase des Verdampfers oder dampfförmig oder flüssig als Seitenstrom im Abtriebsteil der Kolonne abgezogen wird.

- Die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltenen aus dem Gemisch abgetrennten TBA-
- 25 Fraktionen können für die bekannten Zwecke verwandt werden. Beispielsweise können sie als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Isobuten dienen. Gegebenenfalls darin enthaltene Leichtsieder können destillativ abgetrennt werden.

- Das abgetrennte 2-Butanol kann für die üblichen technischen Anwendungen genutzt werden.
- 30 So kann es z.B. als Vorstufe für Methyl-ethylketon, als Lösemittel für Lacke und Harze, als Bestandteil von Bremsflüssigkeiten sowie als Bestandteil von Reinigungsmitteln eingesetzt werden. Darüber hinaus findet es Verwendung bei der Herstellung von Duftstoffen, Farbstoffen

und Benetzungsmitteln.

Mit dem erfindungsgemäßen Verfahren kann 2-Butanol ohne Verluste von TBA aus beliebigen ternären Gemischen aus TBA, SBA und Wasser, die im Destillationsfeld 1 liegen, abgetrennt werden. Dies gelingt selbst dann noch, wenn die Gemische zusätzlich bis zu 5 Massen-% Hochsieder (wie z.B. aus Oligomerisierung von Isobuten hervorgegangene C<sub>8</sub>- oder C<sub>12</sub>-Kohlenwasserstoffe, C<sub>8</sub>-Alkohole) und/oder Leichtsieder (wie z.B. Isobuten oder andere C<sub>4</sub>-Kohlenwasserstoffe) aufweisen. Mittels des erfindungsgemäßen Verfahrens kann also 2-Butanol, insbesondere 2-Butanol, welches einen Gehalt an tert.-Butanol von vorzugsweise weniger als 1, bevorzugt weniger als 0,5 Massen-% aufweist, hergestellt werden.

Im erfindungsgemäßen Verfahren werden insbesondere TBA-Ströme, in denen 2-Butanol angereichert ist, aus Anlagen, in denen Isobuten aus TBA durch Wasserabspaltung hergestellt wird, eingesetzt. Diese Ströme enthalten meistens C<sub>4</sub>-Kohlenwasserstoffe und Folgeprodukte von C<sub>4</sub>-Olefinen als weitere Komponenten.

Das Blockschema einer Anlage, in der das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt werden kann, zeigt Fig. 2. Das Einsatzstoffgemisch (1) wird mit einem optionalen Teil (12) des Destillats (10) aus Kolonne (8) in die Membraneinheit (2) eingeleitet. Das an Wasser verarmte Retentat (3) wird in der Kolonne (5) in ein Kopfprodukt (6), das TBA, Wasser, geringe Mengen an SBA und gegebenenfalls Leichtsieder enthält, und in ein Sumpfprodukt (7) mit dem abzutrennenden 2-Butanol getrennt. Um 2-Butanol mit einem geringen Anteil an Hochsiedern zu gewinnen, kann dieses Produkt aus der Dampfphase des Verdampfers oder dampfförmig oder flüssig als Seitenstrom (7A) im Abtriebsteil der Kolonne (5) abgezogen werden. Das wässrige Permeat (4) wird in der Kolonne (8) in einen Wasserstrom (9) und in ein Kopfprodukt (10), das TBA, SBA, Wasser und gegebenenfalls Leichtsieder enthält, aufgetrennt. Dieses Kopfprodukt kann ganz oder nach Abtrennung einer Teilmenge (11) partiell in die Membraneinheit (2) zurückgeführt werden. Alternativ kann der Permeatstrom (4) direkt als Prozesswasser im Anlagenteil einer TBA-Synthese wieder eingesetzt werden. In diesem Falle wird die Kolonne (8) nicht benötigt und entfällt.

In einer anderen Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird dem technischen

Gemisch vor der Zuführung zur Membraneinheit destillativ Wasser entzogen. Durch Destillation des technischen Gemisches wird dieses in ein wasserreiches Sumpfprodukt und ein Kopfprodukt aufgetrennt, welches einen Wassergehalt aufweist, der zwar größer ist als die Grenzkonzentration der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, also hinsichtlich seiner SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung im Bereich des Destillationsfelds 1 liegt, aber geringer als der ursprüngliche Gehalt an Wasser ist. Das so vorbehandelte technische Gemisch wird dann in einer Membraneinheit weiter an Wasser verarmt und entsprechend aufgearbeitet.

Ein Blockschema einer Variante der Anlage, in der diese Ausführungsart des erfindungsgemäßen Verfahrens durchgeführt werden kann, zeigt Fig 3. Das Einsatzstoffgemisch (13) wird zunächst in einer Kolonne (14) derart aufgearbeitet, dass im Sumpf der Kolonne ein wasserreicher Strom (15) ausgeschleust wird. Der auf diese Weise vorentwässerte Destillatstrom (1) wird nun mit einem optionalen Teil (12) des Destillats (10) aus Kolonne (8) in die Membraneinheit (2) eingeleitet. Das an Wasser verarmte Retentat (3) wird in der Kolonne (5) in ein Kopfprodukt (6), das TBA, Wasser und gegebenenfalls Leichtsieder enthält, und in ein Sumpfprodukt (7) mit dem abzutrennenden 2-Butanol getrennt. Auch in diesem Fall kann, um 2-Butanol mit einem geringen Anteil an Hochsiedern gewinnen zu können, das Produkt aus der Dampfphase des Verdampfers oder dampfförmig oder flüssig als Seitenstrom (7A) im Abtriebsteil der Kolonne (5) abgezogen werden. Das wässrige Permeat (4) wird in der Kolonne (8) in einen Wasserstrom (9) und in ein Kopfprodukt (10), das TBA, SBA, Wasser und gegebenenfalls Leichtsieder enthält. Dieses Kopfprodukt kann ganz oder nach Abtrennung einer Teilmenge (11) partiell in die Membraneinheit (2) zurückgeführt werden. Alternativ kann der Permeatstrom (4) direkt als Prozesswasser im Anlagenteil einer TBA-Synthese wieder eingesetzt werden. In diesem Falle wird die Kolonne (8) nicht benötigt und entfällt.

Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass in der Vorentwässerungskolonne (14) der Zulauf (1) zur Membraneinheit wasserärmer wird und somit im Destillationsfeld 1 näher an die Destillationsgrenzlinie BC rückt. Dies bedeutet, dass weniger Wasser aus dem Zulaufstrom (1) in der Membraneinheit abgetrennt werden muss, um in das Destillationsfeld 2 zu gelangen und dass das Membranmodul somit kleiner und günstiger gebaut werden kann.

Als Vorentwässerungskolonne kann eine üblicherweise zur Destillation verwendete Kolonne eingesetzt werden. Diese Kolonne weist vorzugsweise eine theoretische Trennstufenzahl von 5 bis 70, bevorzugt eine theoretische Trennstufenzahl von 10 bis 60 auf. Der Zulaufboden hängt von der Zusammensetzung des Zulaufs ab. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die  
5 Einspeisung des Zulaufs auf den, von oben gezählten, 2. bis 55. theoretischen Boden, insbesondere auf den 3. bis 35. erfolgt. Der Betriebsdruck der Vorentwässerungskolonne beträgt vorzugsweise von 0,1 bis 15 bar<sub>abs.</sub> (bara), besonders bevorzugt von 0,8 bis 10 bara.

In einer weiteren Ausführungsform des erfindungsgemäßen Verfahrens wird das zu trennende  
10 Gemisch als Zulauf in eine Kolonne geführt, in welcher im Seitenstrom mit Hilfe eines Membranmoduls Wasser ausgeschleust und das zurückgehaltene, an Wasser abgereicherte Gemisch wieder in die Kolonne zurückgeführt wird. Durch Destillation dieses Gemisches im Verstärkungsteil der Kolonne wird dieses in ein TBA-angereichertes Kopfprodukt und ein wasserreicheres Produkt in der Mitte der Kolonne aufgetrennt, welches einen Wassergehalt  
15 aufweist, der größer ist als die Grenzkonzentration der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, also hinsichtlich seiner SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung im Bereich des Destillationsfeld 1 liegt. Dieses wasserreiche Gemisch wird als Seitenstrom aus der Destillationskolonne unterhalb des Zulaufs dampfförmig oder flüssig entnommen und in ein Membranmodul überführt. In diesem wird das wasserreiche Produkt in  
20 erfindungsgemäßer Weise durch Ausschleusen von Wasser als Permeat aufkonzentriert auf einen Gehalt an Wasser, kleiner als die Grenzkonzentration der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie. Dieses an Wasser abgereicherte Retentat wird durch Einspeisen an gleicher oder tiefere Stelle (in Bezug auf die Position der Entnahme des Seitenstroms) in den unteren Teil der Kolonne zurückgeführt,  
25 wodurch erreicht wird, dass das Gemisch im unteren Teil der Kolonne eine SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung mit einem Massenanteil an Wasser aufweist, der kleiner ist als die Grenzkonzentration der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, und im Sumpf der Kolonne angereichertes SBA abtrennt werden kann.

30 Ein Blockschema einer Variante der Anlage, in der diese Ausführungsart des erfindungsgemäßen Verfahrens durchgeführt werden kann, zeigt Fig 4. Das Einsatzstoffgemisch (1) wird in den oberen Teil einer Kolonne (16) geleitet und derart

aufgearbeitet, dass im Kopf der Kolonne ein TBA-reicher Strom (17) gewonnen wird. Unterhalb des Zulaufs wird ein dampfförmiger oder flüssiger Seitenstrom (18) entnommen und in die Membraneinheit (19) eingeleitet. Das an Wasser verarmte Retentat (20) wird wieder an gleicher oder tieferer Stelle (Zählweise der theoretischen Stufenzahl von oben nach unten) in die Kolonne (16) zurückgeführt. In dem Teil unterhalb dieser Rückführung befindet man sich im Destillationsfeld 2 und kann ein Sumpfprodukt (21) mit dem abzutrennenden 2-Butanol gewinnen. Auch in diesem Fall kann, um 2-Butanol mit einem geringen Anteil an Hochsiedern gewinnen zu können, das Produkt aus der Dampfphase des Verdampfers oder dampfförmig oder flüssig als Seitenstrom (21A) im Abtriebsteil der Kolonne (16) abgezogen werden. Das wässrige Permeat (22) wird kontinuierlich aus dem Membranmodul ausgeschleust, wobei soviel Wasser ausgeschleust wird, dass die Zusammensetzung des erhaltenen Retentats im Destillationsfeld 2 liegt. Das Wasser kann als Prozesswasser im Anlagenteil einer TBA-Synthese wieder eingesetzt werden. Alternativ kann das Permeat (22) in einer nachgeschalteten Destillation so aufgearbeitet werden, dass reines Wasser als Sumpfprodukt erhalten wird und ein Kopfstrom gewonnen wird, der überwiegend TBA, andere organische Komponenten und geringe Mengen an Wasser aufweist.

Der Vorteil dieser Variante liegt darin, dass nur eine Kolonne erforderlich ist und dass mit dem Membranmodul keine vollständige Entwässerung des Stroms (18) erforderlich ist, sondern nur soviel Wasser ausgeschleust werden muss, um vom Destillationsfeld 1 nach 2 zu wechseln. Dadurch kann die benötigte Membranfläche kleiner ausfallen und günstiger gebaut werden.

Zur destillativen Auftrennung können hierfür technische Kolonnen, deren mögliche Bauarten bereits auf den vorangegangenen Seiten, insbesondere bei der Beschreibung der destillativen Auftrennung von bei dem erfindungsgemäßen Verfahren anfallenden Stoffströmen beschrieben wurden, eingesetzt werden. Die Kolonne weist vorzugsweise eine theoretische Trennstufenzahl von 5 bis 120, bevorzugt eine theoretische Trennstufenzahl von 10 bis 90 auf. Der Zulaufboden hängt von der Zusammensetzung des Zulaufs ab. Es hat sich als vorteilhaft erwiesen, wenn die Einspeisung des Zulaufs auf den, von oben gezählten, 2. bis 85. theoretischen Boden, insbesondere auf den 3. bis 75. erfolgt. Der dampfförmige oder flüssige Seitenstrom wird unterhalb des Zulaufs auf der, von oben gezählten, 3. bis 110. theoretischen Stufe, bevorzugt auf der 4. bis 95. theoretischen Stufe entnommen und der an Wasser abgereicherte Strom (20)

auf der 3. bis 111. theoretischen Stufe, bevorzugt auf der 5. bis 96. theoretischen Stufe wieder in die Kolonne (16) zurückgeführt. Der Betriebsdruck der Kolonne bei dieser Ausführungsart des erfindungsgemäßen Verfahrens beträgt vorzugsweise von 0,1 bis 15 bar<sub>abs.</sub> (bara), besonders bevorzugt von 0,8 bis 10 bara.

5

Gewöhnliche Bauteile wie Pumpen, Verdichter, Ventile, Wärmetauscher und Verdampfer sind in den Blockschaltbildern nicht dargestellt, jedoch selbstverständliche Bauteile einer Anlage.

Die folgenden Beispiele sollen die Erfindung erläutern, ohne die Anwendungsbreite einzuschränken, die sich aus der Beschreibung und den Patentansprüchen ergibt.

10

### 1. Beispiel

Die Abtrennung von SBA erfolgte in einer nach Figur 2 realisierten Anlage, mit der Besonderheit, dass Kolonne (8), und damit die Ströme 9, 10, 11 und 12 entfielen. Der Kolonnendurchmesser der Kolonne (5) betrug dabei 50 mm. Es wurde eine Metall-Destillations-Packung mit 20 theoretischen Stufen installiert, der Zulauf erfolgte auf der, von oben gezählten, 5. theoretischen Stufe. Der Zulauf (1), der für die Versuche verwendet wurde, wurde aus einer großtechnischen Anlage zur Herstellung von Isobuten entnommen und wies die in Tabelle 1 angegebene Zusammensetzung auf. Er wurde mit Hilfe eines Vorverdampfers dampfförmig in das Membranmodul eingespeist. Die Membranbehandlung wurde als Dampfpermeation mit einer Membran der Firma Sulzer Typ Sulzer 2201 in einer Laborversuchsanlage durchgeführt. Die Stromnummern in der folgenden Tabelle entsprechen den Bezeichnungen in Fig. 2. Komponenten mit einer Konzentration kleiner als 0,1 Massen-Teile im Gemisch sind in der Regel nicht in der Tabelle aufgeführt.

20

25

Tabelle 1

Stromnummer	Strombezeichnung	Massenfluß [kg/h]	Konzentration der abzutrennenden Komponente in Massen-Teile
1	Frisch-Zulauf	3,66	62,0 Wasser 33,7 TBA 3,4 2-Butanol

			0,7 C <sub>8</sub> -Alkohol 0,2 sonstige Stoffe
3	Retentat	1,50	9,1 Wasser 80,7 TBA 8,0 2-Butanol 1,8 C <sub>8</sub> -Alkohol 0,4 sonstige Stoffe
4	Permeat	2,16	98,7 Wasser 1,1 TBA 0,1 2-Butanol 0,1 sonstige Stoffe
6	Destillat der Kolonne (5)	1,38	9,9 Wasser 88,0 TBA 2,0 2-Butanol 0,1 sonstige Stoffe
7	Sumpf der Kolonne (5)	0,12	0,1 TBA 75,5 2-Butanol 21,7 C <sub>8</sub> -Alkohol 2,7 sonstige Stoffe

Der Druck des Destillatstroms (1) betrug am Zulauf der Membran 1 bar und permeatseitig (4) an der Membran 0,055 bar. Die Kolonne (5) wurde bei 1 bar<sub>abs.</sub> mit einem Rücklaufverhältnis von 10 betrieben.

## 2. Beispiel

Die Abtrennung von SBA erfolgte in einer nach Fig. 3 realisierten Anlage, mit der Besonderheit, dass Kolonne (14) getrennt von der restlichen Anlage betrieben wurde. Der Kolonnendurchmesser der Kolonne (14) betrug dabei 50 mm. Es wurde eine Metall-  
 10 Destillations-Packung mit 10 theoretischen Stufen installiert, der Zulauf erfolgte auf der, von oben gezählten, 5. theoretischen Stufe. Der Zulauf (13), der für die Versuche verwendet wurde, wurde aus einer großtechnischen Anlage zur Herstellung von Isobuten entnommen und wies die in Tabelle 2 angegebene Zusammensetzung auf. Das erhaltene, an Wasser abereicherte Destillat wurde gesammelt und anschließend in der Dampfpermeation weiter an Wasser  
 15 abereichert. Für die Dampfpermeation wurde eine Membran der Firma Sulzer, Typ Sulzer

2201, in einer Laborversuchsanlage verwendet. Die Kolonne (5) entsprach dem Aufbau in Beispiel 1, mit der Besonderheit, dass das SBA als Seitenstrom (7A) oberhalb des Verdampfers aus der Packung mit Hilfe eines Flüssigkeitssammlers entnommen wurde. Zwischen dem Verdampfer und der Flüssigkeitsentnahme befand sich eine Destillationspackung, welche ca. einer theoretischen Stufe entsprach. Kolonne (8) entfiel, womit auch die Ströme 9, 10, 11 und 12 entfielen. Die Stromnummern in der folgenden Tabelle 2 beziehen sich auf die Bezeichnung der Ströme in Fig. 3. Komponenten mit einer Konzentration kleiner als 0,1 Massen-Teile im Gemisch sind in der Regel nicht in der Tabelle 2 aufgeführt.

10 Tabelle 2

Stromnummer	Strombezeichnung	Massenfluß [kg/h]	Konzentration der abzutrennenden Komponente (Massen-Teile)
13	Frisch-Zulauf	25	96,6 Wasser 3,0 TBA 0,3 2-Butanol 0,1 C <sub>8</sub> -Alkohol
15	Abwasser	23,72	99,9 Wasser 0,1 TBA
1 (als Destillat)	Destillat	1,28 (wurde gesammelt, für Membranversuche)	34,6 Wasser 58,3 TBA 5,8 2-Butanol 1,0 C <sub>8</sub> -Alkohol 0,3 sonstige Stoffe
1 (als Ausgangsstoff)	Membranzulauf	Gesammeltes Produkt: 3,93	34,6 Wasser 58,3 TBA 5,8 2-Butanol 1,0 C <sub>8</sub> -Alkohol 0,3 sonstige Stoffe
3	Retentat	2,60	3,1 Wasser 86,3 TBA 8,6 2-Butanol 1,5 C <sub>8</sub> -Alkohol 0,5 sonstige Stoffe
4	Permeat	1,33	96,1 Wasser

			3,4 TBA 0,3 2-Butanol 0,1 C <sub>8</sub> -Alkohol
6	Destillat der Kolonne (5)	2,34	3,5 Wasser 95,7 TBA 0,6 2-Butanol 0,2 sonstige Stoffe
7A	Seitenstrom der Kolonne (5)	0,19	0,6 TBA 98,8 2-Butanol 0,4 C <sub>8</sub> -Alkohol 0,2 sonstige Stoffe
7	Sumpf der Kolonne (5)	0,06	0,1 TBA 31,6 2-Butanol 58,8 C <sub>8</sub> -Alkohol 9,5 sonstige Stoffe

Der Druck des Destillatsstroms (1) betrug am Zulauf der Membran 1 bar und permeatseitig (4) an der Membran 0,055 bar. Die Kolonne (5) wurde bei 1 bar<sub>abs.</sub> mit einem Rücklaufverhältnis von 5 betrieben. Die Kolonne (14) wurde bei einem Druck von 1 bar<sub>abs.</sub> mit einem

5 Rücklaufverhältnis von 2,8 betrieben.



**Patentansprüche:**

1. Verfahren zur Abtrennung von 2-Butanol (SBA) aus einem technischen Gemisch, das 2-Butanol, tert.-Butanol (TBA) und Wasser aufweist, wobei der Massenanteil an Wasser in dem Gemisch größer ist als die Grenzkonzentrationen der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, dadurch gekennzeichnet, dass aus dem Gemisch mit Hilfe einer Membran so viel Wasser abgetrennt wird, dass das Retentat hinsichtlich seiner SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung einen Massenanteil an Wasser aufweist, der kleiner ist als die Grenzkonzentration der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, und dass das Retentat destillativ in einen SBA aufweisenden Strom und einen TBA und Wasser aufweisenden Strom getrennt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtrennung von Wasser mit Hilfe einer Membran durch Pervaporation erfolgt.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtrennung von Wasser mit Hilfe einer Membran durch Dampf-Permeation erfolgt.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass die Abtrennung von Wasser mit Hilfe einer Membran durch Pervaporation und Dampf-Permeation erfolgt.
5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass dem technischen Gemisch vor der Zuführung zum Membranmodul destillativ Wasser entzogen wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine anorganische Membran oder eine Polymermembran eingesetzt wird.

5 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 5,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass eine Kombination aus anorganischer Membran bzw. anorganischem Trägermaterial  
und einer Polymermembran bzw. aufgetragenen Polymertrennschicht eingesetzt wird.

10 8. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 7,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das an Wasser angereicherte Retentat, welches destillativ aufgearbeitet wird, einen  
Wassergehalt von kleiner 10 Massen-% bezogen auf das Dreikomponentensystem  
SBA/TBA/Wasser aufweist.

15

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Retentat destillativ in eine 2-Butanol aufweisende Fraktion getrennt wird, die  
weniger als 1 Massen-% tert.-Butanol aufweist.

20

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass als Gemisch ein aus einer Destillationskolonne unterhalb des Zulaufs dampfförmig  
oder flüssig entnommener Seitenstrom in ein Membranmodul geführt wird, dort Wasser als  
25 Permeat ausgeschleust und das Retentat in die Kolonne an gleicher oder tieferer Stelle  
zurückgeführt wird, wodurch erreicht wird, dass das Gemisch im unteren Teil der  
Kolonne eine SBA/TBA/Wasser-Zusammensetzung mit einem Massenanteil an Wasser  
aufweist, der kleiner ist als die Grenzkonzentration der die beiden Azeotrope TBA/Wasser  
und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie und im Sumpf der Kolonne  
30 angereichertes SBA abtrennt wird.

11. 2-Butanol, hergestellt nach einem Verfahren gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10.



**Zusammenfassung:**

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abtrennung von 2-Butanol aus tert.-Butanol/Wasser-Gemischen, die bei der Spaltung von tert.-Butanol (TBA), hergestellt aus technischen C<sub>4</sub>-Kohlenwasserstoffgemischen, zu Isobuten und Wasser anfallen. Bei der Spaltung von technischem TBA oder TBA/Wasser-Azeotrop in Isobuten und Wasser, fällt nach Abtrennung des entstandenen Isobutens ein TBA/Wasser-Gemisch an, in dem 2-Butanol (SBA) angereichert ist. Dieses Gemisch ist ohne Abtrennung von 2-Butanol nicht zur Herstellung von marktgängigen TBA oder TBA/Wasser-Azeotrop geeignet. Erfindungsgemäß wird das Gemisch zuerst mit Hilfe einer Membran auf eine Konzentration an Wasser gebracht, die kleiner ist als die Grenzkonzentration der die beiden Azeotrope TBA/Wasser und SBA/Wasser verbindenden Destillationsgrenzlinie, und anschließend destillativ aufgearbeitet.

g

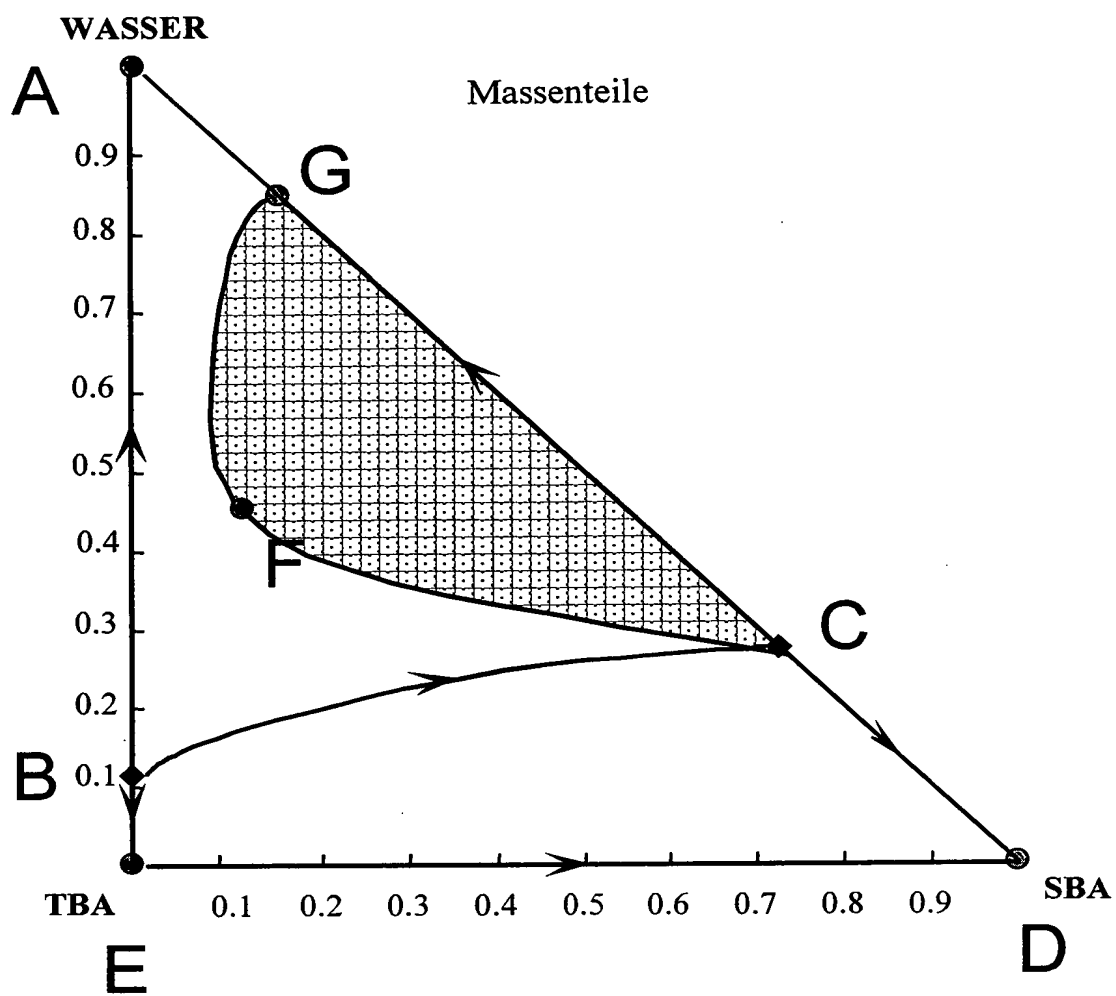
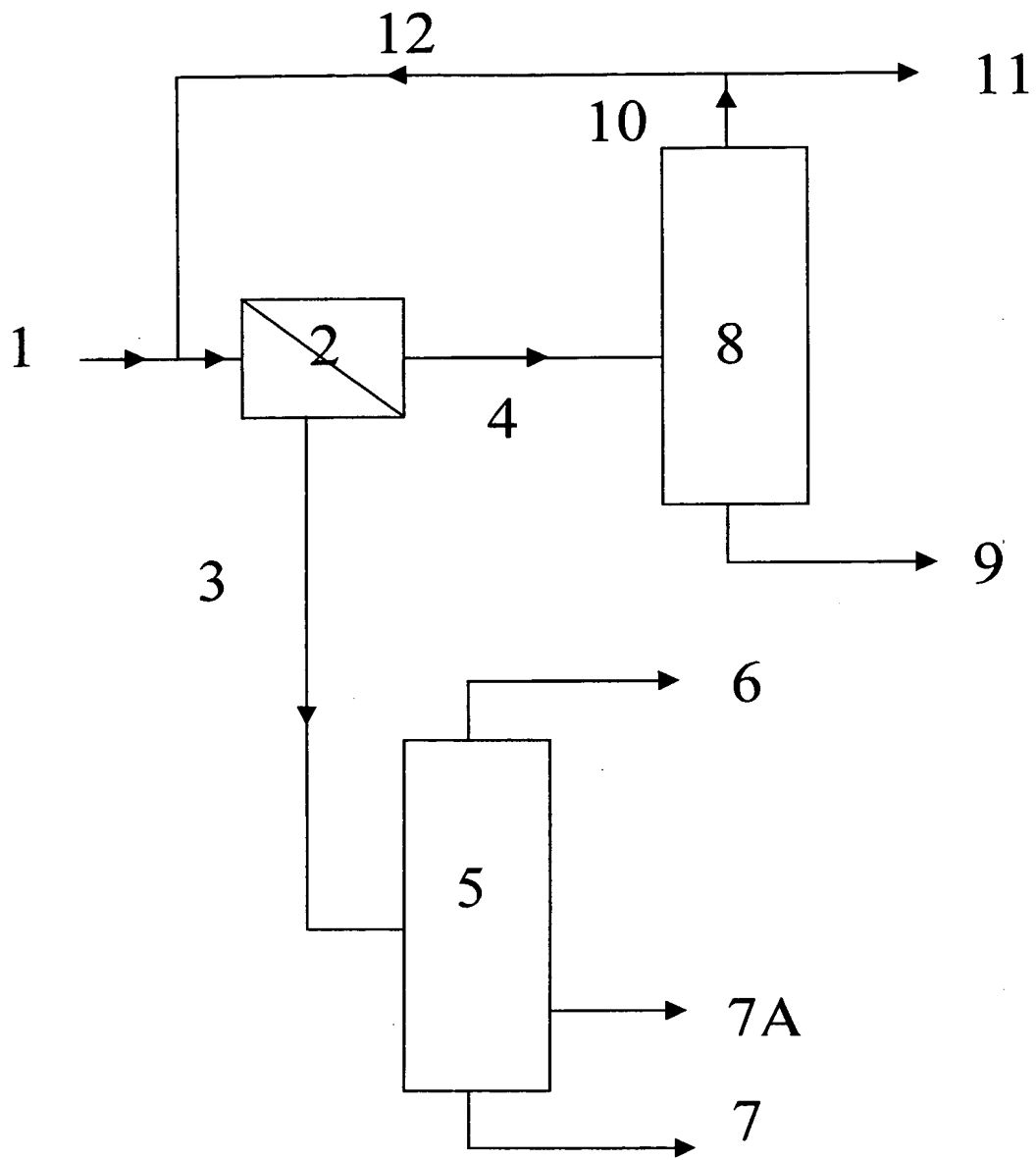
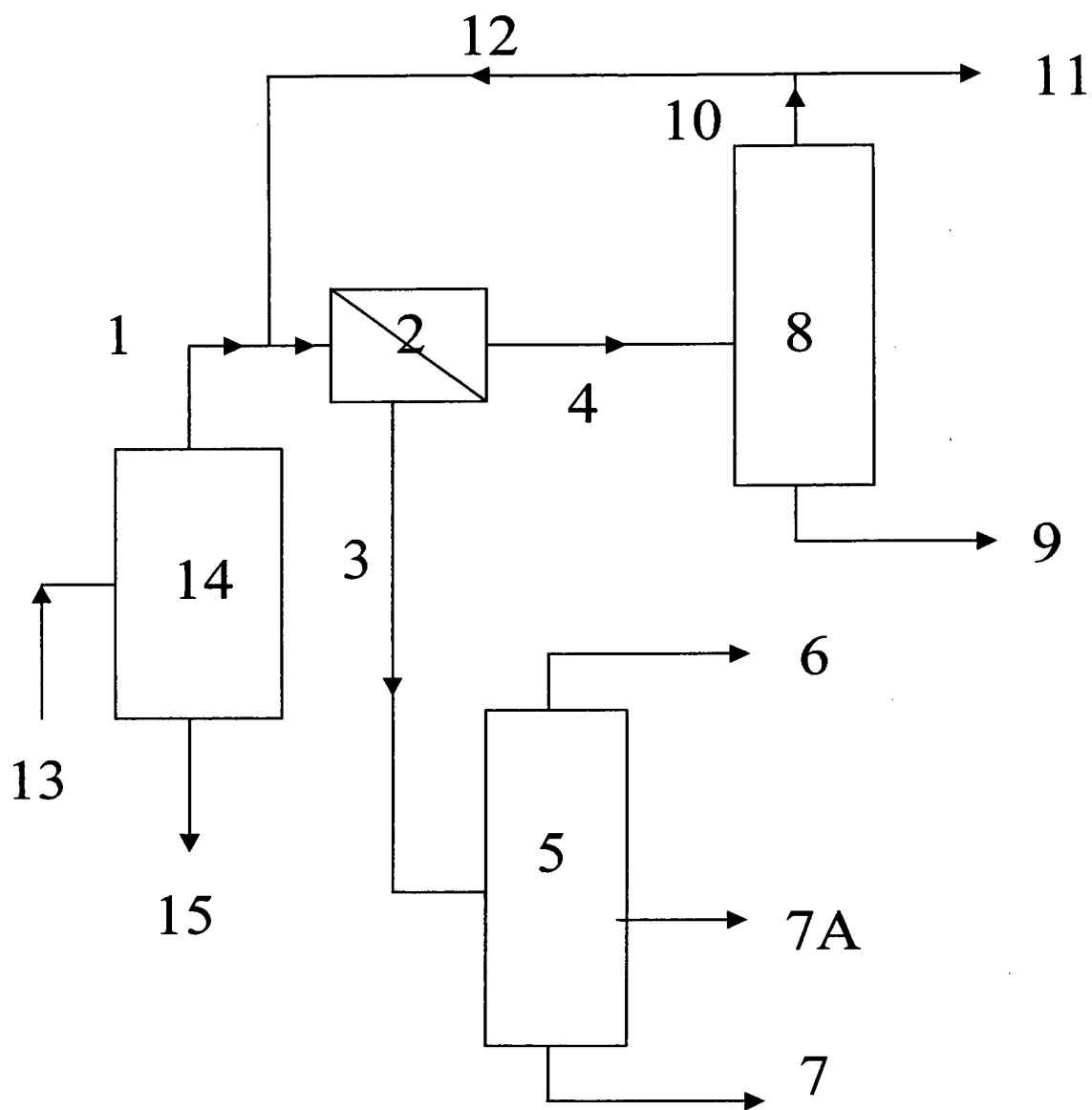
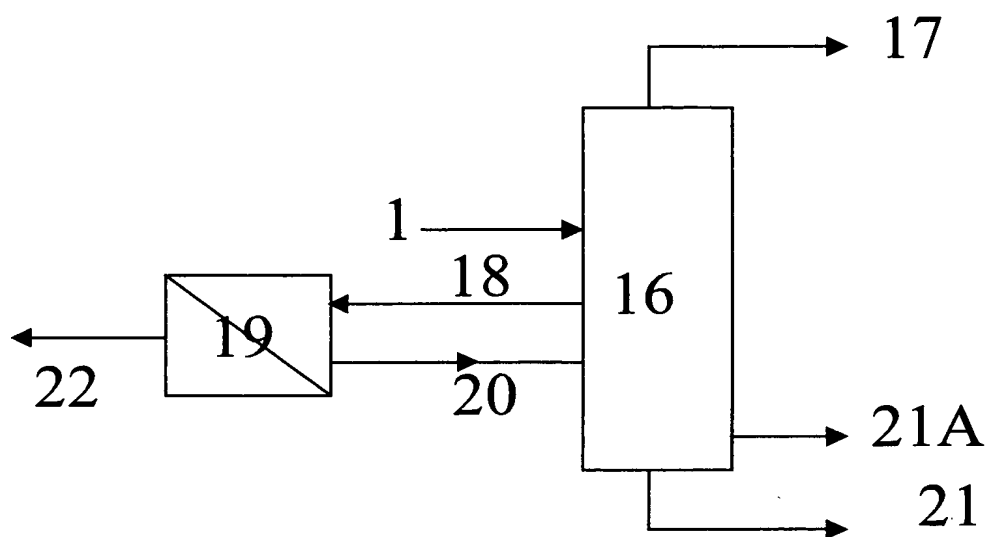


Fig. 1

**Fig. 2**

**Fig. 3**

**Fig. 4***f*